長野県東筑摩郡坂井村草湯における湧水の変化と地震活動

著者	長岡 好甲, 半田 一郎, 高橋 博
雑誌名	防災科学技術総合研究報告
号	18
ページ	93-98
発行年	1969-03-30
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002569/

防災科学技術総合研究報告　第18号　1969年3月

553.71：551.491.5：631.6：613.32：639.31：550.341（521.52）

長野県東筑摩郡坂井村草湯における湧水の変化と地震活動

長岡好甲・半田一郎

長野地方気象台

高橋　博

国立防災科学技術センター

On Activity of the Cold Spring Kusayu, Sakai Village, Nagano Prefecture, Japan, affected by Matsushiro Earthquake Swarm

By

Yoshii Nagaoka and Ichiro Handa

Nagano Local Meteorological Obseruatory, Japan Meteorlogical Agency, Nagano

and

Hiroshi Takahashi

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Abstract

The cold spring Kusayu is in Sakai Village, Nagano Prefecture, and in the southwest corner of the occurrence area of Matsushiro earthquake swarm. The temperature of spouting water of this spring is almost constant, namely about 20°C throughout the year, and the spouting is not influenced by precipitation. But, by strong shocks and/or uplifting activity of Matsushiro earthquake swarm, the increase in spouting quantity is observed at Kusayu without any variation of temperature. Earthquake which affected Kusayu occurred in the southwest part in the occurrence area of Matsushiro earthquake swarm.

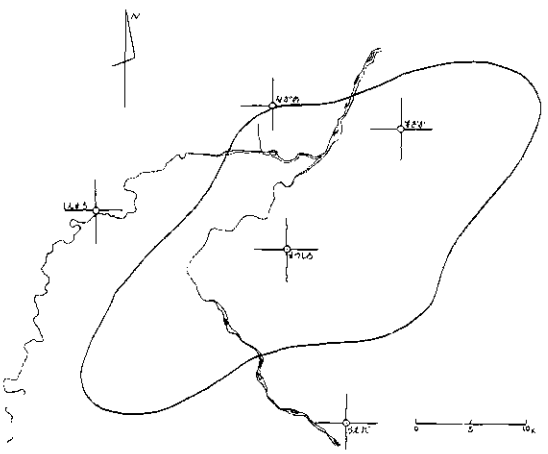
1．松代群発地震と湧水活動

昭和40年8月3日にはじまった松代群発地震は，現在もなお活動を続けている．この群発地震の活動期を，ここでは次の5期間に分け，各活動期と湧水活動の状況について，はじめに概観しておく．

第1期　昭和40年8月より昭和41年1月まで（第1の山）

第2期　昭和41年2月より7月まで(第2の山)
第3期　昭和41年8月より9月まで(第3の山)
第4期　昭和42年1月より3月まで(第4の山)
第5期　昭和42年4月より現在まで(単発型の傾向)

第1の山の状態は比較的震源の深い地震(平均5km～6km)で強い地震は比較的少なかった。第2の山に入って4km以下の浅い地震と4～7kmの割り合い深い地震がほぼ同じ割り合いになっている。そしてこの頃から松代町を中心に強い地震が起りはじめ，広い地域にわたって地下水の異常が現われはじめた[1,2]。そして第3の山の後半から末期にあたる9月中・下旬には多数の場所からほとんど同時に水が噴き出した。湧水地域は須坂，若穂，皆神，清野，雨宮，赤柴，岡の入の各地区で，これらの地区の中，湧水量の著しかった皆神山付近では，牧内などで，崩壊性の地すべりを生じた。また，温湯，加賀井，石杭など軟弱地盤に接した山麓部の地すべりは新たに発生したり，あるいは一層進行したりした。さいわいに，緊急措置により，いずれも人命の損傷はなかったが，十数むねの家屋が壊滅または取りこわしの被害をこうむった。また，松代の湧水は，その量が著しく多かったことと，塩分を多量に含んでいたため，



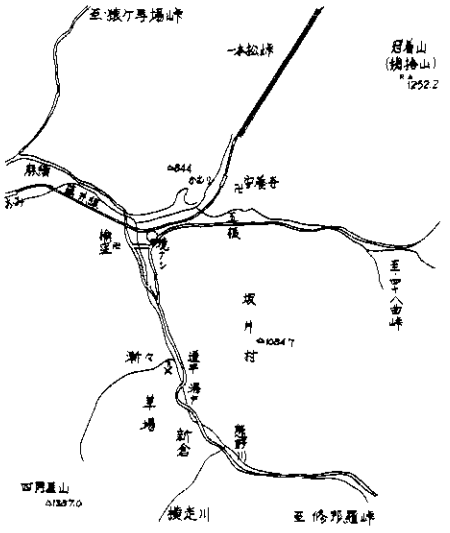
図－1　松代群発地震震源域
Occurrence area of Matsushiro earthquake swarm.

農業や上水道，住宅などに大きな損害を与え，魚の変死もしばしば発生した。第4の山に入ると，震源域が南西の方向にのび東筑摩郡坂井村を中心とする地震活動がはじまった。そして，昭和42年5月5日冠着山付近を震源とするM4.9の強震(震度Ⅴ)以後，四阿屋山の東側，湯戸では川の中から温泉が湧出し，坂井村役場，漸々地区では湧水が，新倉，熊野川地区や横走りでは枯水現象がはじまり，松代周辺と同じ状況になってきた。しかし，その後，地震活動も，次第に減少傾向にむかったが湧水，枯水現象はもとに復せず，対策工事により難をのがれている。

2．地震による温泉の変化

地震にともない温泉の温度や湧出量等に変化の生ずることについては，昔から知られている。たとえば，古くは明治32年兵庫県有馬の鳴動に前後して，37℃の温泉が47.7℃まで上昇したといわれ，昭和8年，伊豆伊東の地震の際は床下から突然温泉が噴出したとつたえられている。昭和21年の南海道地震で，四国道後温泉の湧出量や温度が急激に減退して一時，地元でおおさわぎしたこともあり，さらに，昭和39年の新潟地震では新潟，山形，群馬，長野県の広い地域にわたって多くの温泉に多少なりとも変化がみられたと云う。当地方では昭和16年7月15日の長野地震の際，上山田，山田，湯田中，渋などの各温泉で湧出量や温度などに変化を生じた。今回の松代地震にともなう温泉の変化については，春日功の精力的な観測により，皆神山附近にある加賀井温泉の温度と湧出量が強い地震や地震活動の山に対応して異常な変化を示すことが明らかにされた[2,3,4,5]。

このように温泉と地震の関係については古くから知られているが群発地震の間の変化について正確な資料は加賀井温泉のほかにはほとんどない。さいわいに坂井村草湯地籍に湧出量の比較的多い自然湧泉があり，震源域が南西に拡大するとともに，その湧出量が著しく増したとの連絡をうけたので，これが坂井村付近を震源とする地震活動の変せんに対応してどのように変化するかを観測し，できうれば地震活動の予知への足がかりになればと考え，昭和42年7月1日に流量計を設置，水温と湧出量の観測を開始した。しかし，この観測には，時期的に坂井村を中心とする地震活動が，その最盛期をおえ，また，地震前の湧泉の湧出量や温度のデータに欠くなど，やむをえない欠点を



図－2　坂井村地図（×草湯，○役場）
Geographic map of Sakai Village(× Kusayu, ○ Village Office)

もっている．

3．観測結果と考察

観測地点は坂井村草湯の漸々，味酒部神社に隣接した昔からの湧泉である．水質は弱アルカリ性で，水温が約20℃あり（表－1），自家用に加熱して入浴にも使われている．湧出部は山の傾斜面と平地の接する所にあり，直経約1m，深さ1m程度の浅井戸状で，四囲は石づみされている．湧水はその一部から流出しているので，源泉近くの水路中に角型ノッチを有する四角のセキをうめ，湧出量（流量）と水温の観測を行なっている．

表－1　草湯の水質
Chemical properties of Kusayu(cold spring)

水　温	20.4 ℃
PH*	8.4 (PR, TB)
電気伝導度**	230 μ℧/cm

＊比色法　＊＊東亜電波 K.K. CM－3M型
測定日　1967年8月11日　13時35分～14時10分　気温 23.6℃
測定者　防災センター　内田哲男，高橋博

観測の仕方は湧泉の所有者の宮島義春氏に依頼し，毎日午前8時に，流量については1mm目盛りの折尺で ノッチの水位を,水温については検定づき0.1℃目盛りの水銀温度計で測定し，強い地震のおきた時は臨時に追加の観測も行っている．

流量計設置後としては地震活動の比較的盛んであった時期と最近の時期についての湧出量の変化の傾向を図－3，4に示す．これを全体としてみると，湧出量は，強い地震（震度Ⅲ以上）と地震活動が盛んな時期にはかなりの変動を示し，地震活動が落着いてくると，なだらかな線を示すようになる．しかし，水温については，何れの場合もまったく変化を示していない．

次に，このような変化を与えた地震の震源の分布を検討するため，震源域を次のような群に分ける．

東村群：東村，高山村付近
若穂群：若穂町，須坂市付近
松代群：松代町，更北村，篠ノ井の千曲川沿付近
更埴群：更埴市（森，倉科，雨ノ宮）付近
冠着山群：冠着山周辺（上山田，戸倉町）
坂井群：坂井村およびその周辺（四阿屋山付近）

数的に十分とはいえないが，今日までの観測結果をみると（図－5），松代西部から四阿屋山に至る地域の地震群の活動によっては，それが震度Ⅲ以下の場合でも，湧出量に変化がみられ，それ以北の地域群の活動によっては，まったく影響されないか，或は識別できるような影響をうけてはいない．今の所その原因，或は関係する地殻活動や地下構造上の要因については明らかにできていない．なお，各地震群による影響の程度は次のようである．

地震群	湧出変化量
冠着山群	5～19 ℓ/sec 増加
坂井群	7 ℓ/sec 前後 増加
更埴群	18 ℓ/sec 増加*
千曲川沿い松代群	5 ℓ/sec 増加

＊ '68年1月26日強震(V)による．

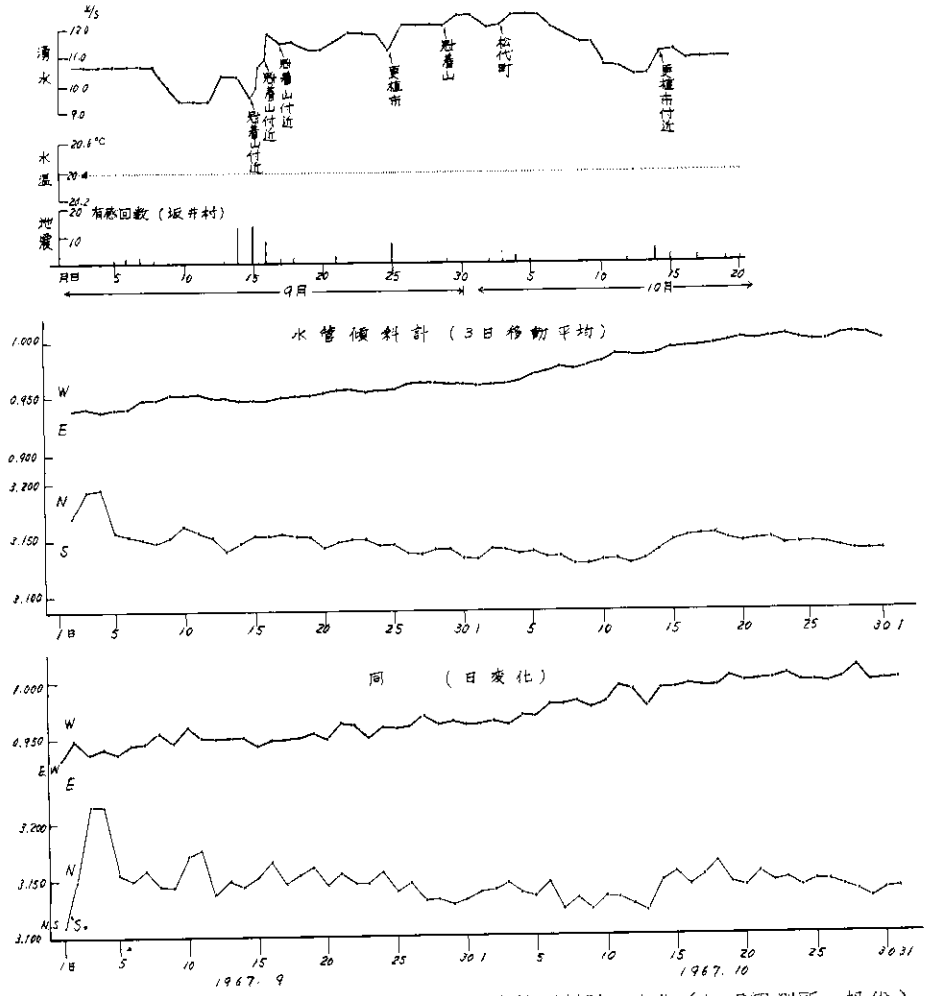


図 － 3　草湯の湧出量と坂井村地震回数および水管傾斜計の変化（地震観測所，松代）（1967.9－10）

Comparison of spouting of Kusayu, frequency of felt shock in Sakai Village and observation of water tube tiltmeter in Matsushiro. (1967. Sep.－Oct.)

湧出量の変化には，降水によるものも考えられるので坂井観測所（坂井村境ナシ　坂井村役場：松本測候所管内）の気象資料と対応させてみたが，降水の影響はほとんどないことが明らかとなった．

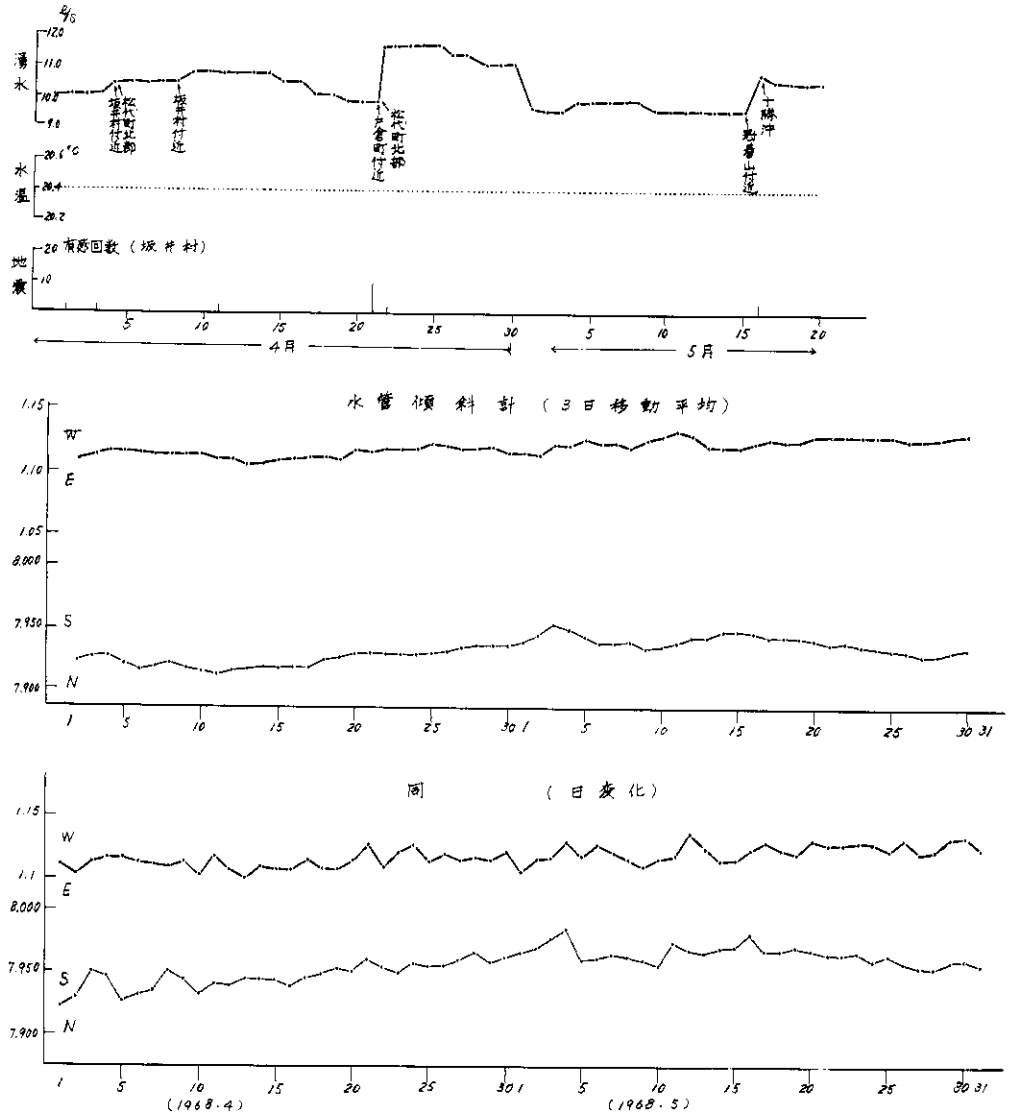
また，当地で，湧水の水でかっている池の魚が，しばしば一時に急死するので，保健上の心配から村当局が松代地震センターにその原因解明を求めてきた．水質上の知識からは原因がわからなかったので水産庁淡水区研究所に調査を依頼したところ，この付近の湧水について表－2の結果をえた．すなわち，原因は著しい酸素不足にあり，これからみても，ここの湧水は，地中にしみこんだ降水

表－2　坂井村湧水の水質

Chemical properties of spring, Sakai village.

水　色	澄　明
臭	無　臭
味	無　味
水　温	13.5 ℃
PH	7.4
O_2	1.01mℓ/ℓ 15.0%
NH_4－N	0.0
NO_2－N	0.0
NO_3－N	0.0
Cℓ	32 ppm

測定場所　坂井村 草湯　滝沢虎雄方湧水
測 定 日　1967年9月12日 13時10分より
測 定 者　水産庁淡水区水産研究所上田分場



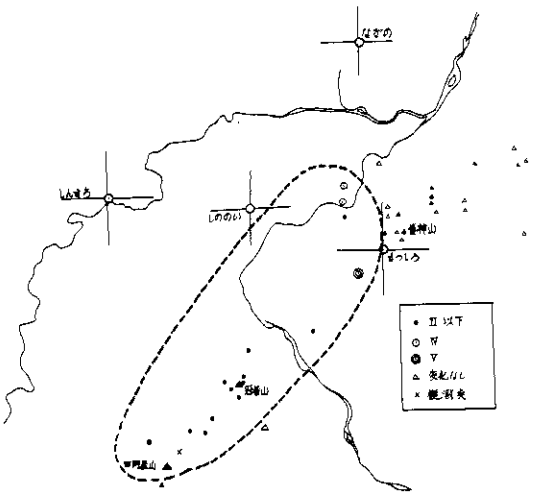
図－4　草湯の湧出量と坂井村地震回数および水管傾斜計の変化（地震観測所，松代）（1968．4－5）

Comparison of spouting of Kusayu, frequency of felt shock in Sakai Village and observation of water tube tiltmeter in Matsushiro. (1968 Aug.–May)

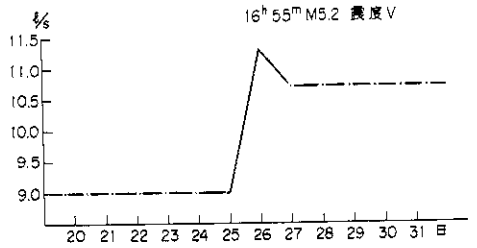
が，短期間にふたたび地表に湧出してきたような性質の地下水ではなく，非常に長い期間空気にふれることのない，地中深部から地表に一気に湧出してきた地下水であることがわかる．したがって地殻活動の活潑化に対応して，地表にしぼりだされる量に変化を生じるものと考えられる．なお，松代の湧水も，その組成からみて，地表付近の地下水でなく，地下深部より湧出してきているものであることがわかっている．そこで地殻変動との関係を知りたいのであるが，あいにく，地殻変動の観測は，当地では，松代と，より遠い須坂しかない．そこで，松代（地震観測所）の水管傾斜計の変化と比較したが，はっきりした相関はえられなかった．なお，図－3，4に示した水管傾斜計の変動値は，毎日の値は変動が激しいので3日の移動平均も示してある．

加賀井温泉では，震源の近い強い地震の発生する前にしばしば湧出量に変化がみられることが報

告されている[2]。当地においても'68年1月26日の更埴市東部の地震(16時55分M=5.3 震度V)の場合，その日の朝の観測の際，すでに水量が前日までと不連続的に増加していた(図－6)。しかし，いつでも強い地震の事前に(事後にはいつでもそうであるが)湧出量に顕著な違いがみられるというわけではない。その点，自記紙により水位の連続観測がなされていれば，顕著でないにしても，地震前に変化が検出できるかもしれないので，今後は研究をその方にすゝめる必要がある。なお，十勝沖地震の日にも水量の著しい増加がみられているが，当日の朝8時の観測では前日と同じであったが，地震(9時50分頃)後の臨時観測(12時)の際には，図－4にみるように湧出量がすでに増加していた。これは，地震が遠いにもかゝわらず，その規模が大きく，(M=7.9) 当地でもかなりゆれたため(震度Ⅲ程度)，松代地震の場合と同じ性質の変化ないし変動が基盤中で，発生ないしは進行し，湧出量の増大となったものと考えられる。



図－5　草湯の湧出量に変化を与えた地震の震央分布
Distribution of epicenter of shocks affected to spouting of Kusayu.



図－6　1968年1月26日の地震の前後における草湯の湧出量の変化
Variation of spouting of Kusayu at the earthquake: 26, Jan. 1968

今日までの観測結果，全体を通じてみてみると，湧水量が或る一定量になると(9.0 ～ 9.5 ℓ/sec地震活動が活発化して湧出量が増す傾向がある。その変化にある程度の周期がみられ，地震活動とも相関しているようである。しかしこの点については観測資料がまだやや足がないので今後の観測により明らかにしてゆきたい。

春日功氏が松代をさったため，'68年春以来，加賀井温泉における観測ができない状態になったので，松代震源域内における，湧泉の湧出量の観測は防災センターのもののみとなった。地震予知の進歩のためにも，松代地震が完全におわるまで，この観測をつゞけ，後世に資料を残す必要がある。

最後に，観測を欠測なしで続けていただいている宮島義春氏に深く謝意を表します。

参　考　文　献

1) 細野義純(1967)：消防水利に利用する地下水の研究(そのⅢ)，地震動に伴なう地下水の変動について。消防庁消防研究所。

2) 春日功(1967)：　松代地震による加賀井温泉の変化。地学雑誌，**76**，16－26

3) ――――(1966)：　地震調査報告　　松代群発地震(第2報)――(1966年1月21日－6月30日)。東京管区気象台　長野地方気象台　10－11。

4) ――――(1967)：　地震調査報告　　松代群発地震(第3報)――(1966年7月1日－1967年3月31日)。東京管区気象台・長野地方気象台。　30－34。